Aus der I. Medizinischen Universitätsklinik in Hamburg
Direktor: Prof. Dr. Berg

Vergleichende Messungen der täglichen Schwankung der Körpertemperatur beim Aufenthalt an der Erdoberfläche und in einem Bergwerk

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät

der

Hansischen Universität

vorgelegt von

Wilhelm Trojan
aus Östrich.

Hamburg 1937

Druckerei und Verlag wissenschaftl. Werke Konrad Triltsch, Würzburg

Berichterstatter:

Prof. Dr. Berg.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Hansischen Universität in Hamburg.

Bei der Einführung der Thermometrie in die Medizin stieß man auf die Tatsache, daß auch beim gesunden Menschen die Körpertemperatur nicht völlig konstant ist, sondern gerade hier ganz besonders eindrucksvoll und deutlich eine regelmäßige Temperaturschwankung in Erscheinung tritt mit einem höchsten Wert am späten Nachmittag und einem tiefsten Wert am frühen Morgen. Damit war man zum ersten Mal beim Menschen auf einen Vorgang aufmerksam geworden, der sich in einem bestimmten Rhythmus innerhalb von 24 Stunden vollzieht, während in der Botanik derartige Rhythmen als „Schlafbewegungen" von Blüten und Blättern längst bekannt waren. Zahlreiche ältere und neuere Untersuchungen von Seiten der Zoologie zeigen, daß hier ebenfalls eine Reihe von Erscheinungen eine 24-Stunden-Periodik aufweist, sodaß also derartige tagesrhythmische Vorgänge nicht nur im menschlichen Organismus recht zahlreich, wie sich erst in den letzten Jahren herausgestellt hat, vorkommen, sondern daß sie ein allem Lebendigen eigentümliches Phänomen darstellen. Die beim Menschen vorkommenden tagesperiodischen Vorgänge sind also nur ein geringer Teil eines großen Ganzen, das man erst seit relativ kurzer Zeit, obgleich viele Rhythmen bereits lange bekannt sind, versucht, in seinen großen Zusammenhängen zu sehen und zu erkennen.

Einer kurzen Aufzählung der bisher beim Menschen sichergestellten 24-Stunden-Perioden soll eine in dieser Weise von JORES formulierte Definition vorangestellt werden: „Nur die von Ruhe, Bewegung, Nahrungsaufnahme und Schlaf unabhängigen Rhythmen sprechen wir als echte 24-Stunden-Rhythmen an. Sie lassen also nur eine Bindung an die Tageszeit erkennen." Diejenigen Rhythmen, die dieser Forderung entsprechen, sind neben dem Temperaturrhythmus die Rhythmen von Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureabgabe, die Rhythmen der Blut- und Liquorbestandteile, die Rhythmen der Wasserausscheidung, der Ausscheidung fester Substanzen und die Rhythmen in der Tätigkeit von Leber, Nebenniere und Hypophyse. Alle diese Rhythmen sind zusammengestellt und eingehend besprochen worden von JORES in einer zusammenfassenden Arbeit „Physiologie und Pathologie der 24-Stunden-Rhythmik des

Menschen", die einen umfassenden Überblick über das bisher Erreichte in der Forschung über die 24-Stunden-Perioden des Menschen vermittelt, sodaß es unnötig ist, hier den Versuch zu machen, alle bekannten Rhythmen nochmals einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Lediglich auf die Verhältnisse bei dem täglichen Gang der Körpertemperatur sei hier nochmals eingegangen, da dieser 24-Stunden-Cyclus meinem Versuch zu Grunde lag.

Die periodischen Schwankungen der Körpertemperatur eines normalen Menschen wurden zuerst von JÜRGENSEN beschrieben. Seine Ergebnisse wurden dann durch die Untersuchungen LIEBERMEISTERs bestätigt und ergänzt. Danach zeigt die Körpertemperatur innerhalb von 24 Stunden einen regelmäßigen Verlauf: bei Tage steigt sie anhaltend bis zu einem höchsten Wert, der im einzelnen nicht genau zeitlich fixiert zwischen 17 und 20 Uhr liegt, bei Nacht fällt sie anhaltend bis zu einem tiefsten, zwischen 2 und 6 Uhr gelegenen Wert. Diese Vorgänge wurden von den beiden Autoren so eingehend untersucht und so genau beschrieben, daß ihren Befunden bis heute nichts Wesentliches mehr hinzuzufügen war. Dagegen haben sich die Vorstellungen von den Ursachen dieses Rhythmus grundlegend geändert.

Als Ursache der Temperaturschwankung wurde zunächst, und das war am nächstliegenden, die Lebensweise angesehen mit ihrer Aktivitätsphase (Bewegung, Arbeit, Nahrungsaufnahme) am Tage und ihrer Ruhephase während der Nacht. Diese Erklärung sowie die Annahme einer jahrhundertelangen Gewöhnung wurden von LIEBERMEISTER beibehalten, obgleich schon er feststellen konnte, daß der Ablauf der Temperaturkurve von der Lebensweise weitgehend unabhängig ist. Die Versuche, die zur Klärung der Frage, ob und in welcher Weise der Gang der Körpertemperatur zur Lebensweise in Beziehung stehe, von JOHANSSON, JAEGER und mehreren anderen zunächst angestellt wurden, schienen in der Tat den engen Zusammenhang zu bestätigen, denn bei Umkehrung der Lebensweise trat auch eine Umkehrung des Temperaturrhythmus ein. So schien die anfängliche Vermutung, die Ursache der 24-Stunden-Schwankung der Körpertemperatur liege in der Lebensweise begründet, bewiesen zu sein. Jedoch hielten diese Ergebnisse einer späteren Nachprüfung nicht stand.

Aus den Untersuchungen von BENEDICT und SNELL ging vielmehr eindeutig hervor, daß ein ursächlicher Zusammenhang von Temperaturrhythmus und Lebensweise nicht besteht. Dies Ergebnis

wurde gewonnen aus Temperaturmessungen, die bei einem Nachtarbeiter vorgenommen wurden. Der Versuch wurde später bei einem Nachtwächter, der bereits 8 Jahre lang ununterbrochen eine umgekehrte Lebensweise führte, mit gleichem Resultat wiederholt. Damit war gezeigt, daß selbst lange Gewöhnung an eine umgekehrte Lebensweise keine Umstellung des Temperaturrhythmus hervorruft. Diese Beobachtung konnte später bestätigt werden von POLIMANTI, der den Temperaturrhythmus prüfte bei einer Versuchsperson, die 6 Jahre lang eine umgekehrte Lebensweise geführt hatte.

Eine ganz andere Richtung, in welcher möglicherweise die Ursache der Rhythmen zu suchen war, wurde von GIBSON und einige Zeit später von OSBORNE aufgezeigt. Diese Untersucher stellten auf längeren Seereisen, der erste auf einer Reise von Nordamerika nach Manila, der zweite auf einer Reise von Kapstadt nach Australien fest, daß der Ablauf der Temperaturschwankung streng an die jeweilige Ortszeit gebunden ist. Diese Tatsache, die auch von VÖLKER auf einer Reise von Hamburg nach Island bestätigt werden konnte, spricht überzeugend gegen die Annahme eines inneren Rhythmus, der unabhängig von äußeren Einflüssen abläuft, denn dann müßte man zum wenigsten erwarten, daß der Rhythmus des Ausgangsortes sich noch irgendwie bei einem Ortswechsel über genügend große Entfernungen bemerkbar macht. Das ist nicht der Fall.

Nachdem es sich als sehr unwahrscheinlich herausgestellt hatte, daß die Lebensweise die Periodik der Körpertemperatur auslöst, schlossen die oben angeführten Beobachtungen die Annahme eines angeborenen Eigenrhythmus ganz aus. Dafür wiesen sie aber eindringlich darauf hin, daß die Rhythmen durch einen außerhalb des Körpers gelegenen Faktor kosmischer Natur ausgelöst werden. Für diese Annahme sprechen auch die Beobachtungen, die JORES an einem anderen im 24-Stunden-Rhythmus ablaufenden Vorgang machte, nämlich den Schwankungen des Leukocytengehaltes des Blutes. Bei der kurvenmäßigen Festlegung der Leukocytenzahlschwankung bei verschiedenen Patienten erwies sich, daß die Kurven jedes einzelnen Patienten an verschiedenen Tagen verschieden voneinander waren, daß die Kurven aller untersuchten Patienten am gleichen Tage untereinander jedoch so starke Ähnlichkeiten aufwiesen, daß nur der Schluß zulässig ist, alle Patienten hätten auf einen sie alle gleichmäßig treffenden Einfluß, also einen Einfluß

ihrer Umwelt in der gleichen Weise reagiert. Auch aus der Botanik sind Untersuchungen bekannt, die sich bisher nur durch die Annahme eines kosmischen Faktors erklären lassen. Da, wie bereits eingangs erwähnt, die tagesperiodischen Vorgänge beim Menschen und der hier untersuchte Temperaturrhythmus nur Symptome eines großen rhythmischen Geschehens sind, das wir, zwar vom Einzelnen ausgehend, doch in seiner Gesamtheit zu erfassen versuchen müssen, ist es sehr wichtig, daß völlig unabhängig voneinander von zwei Seiten, nämlich medizinischer und botanischer, zwingende Gründe für die Existenz eines kosmischen Faktors vorliegen. Zwar lehnt ein Teil der Autoren den kosmischen Faktor als Ursache für die nyktdynamischen Bewegungen der Pflanzen ab und nimmt an, daß die tagesrhythmischen Bewegungen aus einem in den Pflanzen selbst liegenden Impuls erfolgen. Hiergegen und für das Vorhandensein eines kosmischen Faktors als auslösende Ursache sprechen verschiedene Untersuchungsergebnisse. So wurde festgestellt, daß die periodischen Bewegungen von Pflanzen, die aus Samen gezüchtet wurden, der aus Ländern anderer Breitengrade stammt, sich nach der Ortszeit richten und nicht nach der jeweiligen Zeit ihres Heimatlandes. Es soll ausdrücklich hier erwähnt werden, daß zwar Schwankungen der Lichtintensität und der Temperatur bei diesen Bewegungen eine Rolle spielen. Doch wurde durch entsprechende Untersuchungen der Beweis erbracht, daß dieser Einfluß keineswegs so entscheidend war, wie man von verschiedenen Seiten angenommen hatte, sondern daß die Bewegungen von einem anderen, noch unbekannten, außerhalb der Pflanzen liegenden Faktor hervorgerufen werden müssen. Dieser Schluß wurde weiter wesentlich gestützt von STOPPEL durch die Untersuchungen, die sie in Island an Bohnenblättern durchführte. Es zeigte sich, daß die Tagesperiodik der Bewegungen der Blätter völlig aufgehoben war, nachdem die Pflanzen in einen Keller gebracht waren, daß sich aber mehrfach tagesperiodische Bewegungen auslösen ließen, wenn ein von der Sonne bestrahltes Tuch in diesem Keller aufgehängt wurde. Analoge Feststellungen wurden von CREMER gemacht, der beobachtete, daß die Schlafbewegungen von Pflanzenblättern in einem Salzbergwerk aufhörten, während sie nach Zurückbringen der Pflanzen an die Erdoberfläche wieder anfingen. Diese Ergebnisse aus der Botanik tragen nicht unwesentlich dazu bei, den Schluß aus den von OSBORNE, GIBSON, VÖLKER und JORES beim Menschen erhobenen Befunden, die Rhythmen würden von einem Faktor kosmischer Natur gesteuert, zu rechtfertigen.

An dieser Stelle muß noch kurz eingegangen werden auf die vierte im Laufe der Zeit aufgestellte Theorie zur Klärung der Ursache der Rhythmen, da sie, wenn sie zutreffen würde, in der Lage wäre, die Verschiebung der Rhythmen mit der Ortszeit zwanglos zu erklären. ISENSCHMID macht für die Rhythmik des Menschen sein Milieu, sein im allgemeinen sich auch periodisch abspielendes Gemeinschaftsleben verantwortlich. Diese Milieutheorie wurde jedoch von Anfang an beanstandet, und JORES schreibt hierzu: „Auch mir scheint diese Theorie in höchstem Maße unbiologisch. Es ist nicht vorstellbar, daß eine so regelmäßige und festverankerte Periodik nur durch die Milieuwirkungen ausgelöst sein soll ..... Wenn die Rhythmik von so äußerlichen Faktoren wie dem Milieu abhängig ist, wäre nicht einzusehen, warum sie sich unter der Gewöhnung nicht schließlich doch umstellen sollte. Außerdem darf nicht vergessen werden, daß die Tagesperiodik des Menschen nur ein Teilproblem der Rhythmik der Pflanzen- und Tierwelt darstellt, und daß die Milieutheorie auf die Periodik der übrigen Lebewesen sicherlich in keiner Weise angewendet werden kann." (Erg. d. Inn. Med., **48**, 617, 1935). Die Milieutheorie ist neuerdings von DE RUDDER und PETERSEN durch Untersuchungen an Säuglingen, die von sich aus noch kein Gemeinschaftsleben in dem ISENSCHMID vertretenen Sinne haben, auch experimentell widerlegt worden. Von den vier bisher aufgestellten Theorien über die Ursache der Tagesperiodik sind also zwei als bestimmt unzutreffend ausgeschieden, einmal die Annahme einer autonomen durch die Jahrtausende vererbten Rhythmik, zum anderen die sogenannte Milieutheorie. Dagegen spielte die Frage nach dem Einfluß der Lebensweise, obgleich am häufigsten untersucht, und trotz der Hinweise auf den kosmischen Faktor bis in die neueste Zeit eine große Rolle in der Diskussion dieser Probleme, und in den eben erwähnten Untersuchungen an Säuglingen nahmen DE RUDDER und PETERSEN nochmals Stellung dazu. Die Untersuchungsbedingungen waren besonders günstig, denn, so schreibt DE RUDDER, „irgendwelche seelischen Rhythmen, welche an den Wechsel von Tag und Nacht gebunden wären, besitzt der Säugling wohl sicherlich nicht. Das übrige Leben läßt sich aber vollkommen über den ganzen Tag nivellieren, wie es in keinem anderen Lebensalter mehr in diesem Ausmaß möglich ist, indem man Nahrungsaufnahmen und damit die gesamte Pflege ganz gleichmäßig über die 24 Stunden des Tages verteilt.... Es ergab sich, daß auch unter dieser in jeder Form gleichmäßigen Lebensweise ein Temperatur-

rhythmus bestehen bleibt, der bei allen Säuglingen erstaunlich übereinstimmend verlief. Diese Art der Tagesperiodik der Körpertemperatur kann also nicht in irgendwelchen Lebensgewohnheiten oder Lebensumständen ihre Erklärung finden. Es müssen vielmehr, da innere Rhythmen ebenfalls ausscheiden, auch auf Grund dieser Versuche äußere, unabhängig vom Leben ablaufende kosmische Faktoren verantwortlich gemacht werden."

Die Suche nach diesen „kosmischen Faktoren" als den auslösenden Ursachen für den tagesrhythmischen Ablauf vieler biologischer Vorgänge hat bisher zu keinem einwandfreien Ergebnis geführt. Versuche, ursächliche Beziehungen zwischen den 24-Stunden-Perioden beim Menschen und z. B. den täglichen Schwankungen des Luftdrucks, der Luftfeuchtigkeit oder der Temperatur aufzudecken, zeigten, daß solche Beziehungen nicht bestehen. Die den Körpertemperaturschwankungen auffallend exakt gleichlaufenden Schwankungen in der Ionisation der Luft sind offenbar auch nur soweit mit ersteren in Zusammenhang zu bringen, als sie einer beiden übergeordneten Ursache zuzuschreiben wären. Jedenfalls hat STOPPEL, die diese Beziehungen untersucht hat, selbst aufgezeigt, daß die Ionisationsschwankungen nicht der auslösende Faktor für die biologischen Tagesperioden sind. Die bisher vorliegenden Untersuchungen über den Einfluß des Lichts haben nicht ganz eindeutige Resultate ergeben. HÖRMANN fand bei einer Stuporösen nach 24 Stunden dauerndem Dunkelaufenthalt ein Aufhören der charakteristischen Temperaturschwankung. JORES fand bei blinden Kaninchen, BURCKARD bei blinden Tauben den Temperaturrhythmus aufgehoben. Dagegen beobachtete JORES bei völlig normalen Versuchspersonen bei 3tägigem Dunkelaufenthalt keine Aufhebung des Temperaturrhythmus, und ebenso konnte VÖLKER bei diesbezüglichen Untersuchungen in Island während der Mitternachtssonne keinerlei auffälligen Zusammenhang erkennen. Danach nimmt JORES an, daß der Wechsel zwischen Licht und Dunkelheit imstande ist, den 24 Stundenrhythmus zu beeinflussen, daß er dagegen nicht den ausschlaggebenden Faktor darstellen kann.

Jedenfalls wurden durch die bisher durchgeführten Untersuchungen die als auslösend für die 24-Stunden-Periodik in Frage kommenden Faktoren sämtlich als Ursache ausgeschlossen oder es konnte ein klarer Zusammenhang nicht festgestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun versucht, festzustellen, ob

sich die 24-Stunden-Rhythmen auf der Erdoberfläche anders verhalten, als in größeren uns zugänglichen Tiefen unter Tage, und wenn ja, in welcher Weise sie sich ändern, um damit etwa einen Anhaltspunkt zu bekommen, in welcher Richtung weiter zu suchen wäre. Ausgeschlossen erschien dabei nicht gänzlich die Einwirkung der von HESS u. A. entdeckten kosmischen Ultrastrahlung, deren Wellenlänge mit 10^{-3}—10^{-5} ÅE noch weit unter der Wellenlänge der kürzesten Gammastrahlen liegt, und die letztere an Durchdringungsvermögen noch erheblich übertrifft. Die biologische Wirksamkeit kurzwelliger Strahlen steht zweifelsfrei fest, und da es sich bei der Ultrastrahlung um eine dauernd auf die Erde und sogar in die oberflächlichen Schichten der Erde einfallende Strahlung handelt, der man sich bei ihrem außerordentlichen Durchdringungsvermögen unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht entziehen kann, erschien ein Zusammenhang mit den tagesperiodischen Vorgängen beim Menschen zumindest nicht weniger wahrscheinlich, als der früher untersuchte Zusammenhang der Tagesperioden mit etwa dem Luftdruck, der Luftfeuchtigkeit, dem Licht usw., zumal 1932 von V. F. HESS und R. STEINMAURER bei einer auf dem Hafelekar bei Innsbruck durchgeführten 15 monatigen Registrierung der kosmischen Ultrastrahlung sonnenzeitliche tägliche Schwankungen in der Intensität der Strahlung mit einem, wenn auch relativ geringen Überwiegen der Tagwerte mit einem bei 14 Uhr liegenden Maximum gegenüber den Nachtwerten mit einem bei 0 Uhr liegenden Minimum sichergestellt sind. Da bei allen biologischen Untersuchungen jeder Faktor in der Umgebung bezüglich seines möglichen Effektes auf die Lebensvorgänge eines Organismus beachtet werden muß, und zudem bei den Versuchen zur Klärung des vorliegenden Problems in der Hauptsache der Weg der gesonderten Überprüfung der einzelnen, manchmal auch nur entfernt als Ursache der Tagesperiodik in Frage kommenden umgebenden Faktoren beschritten worden ist, schien ein Versuch nicht unangebracht, beizutragen zur Klärung der Frage nach der Wirkung der kosmischen Ultrastrahlung, eines u. W. in der Reihe der bisher in Erwägung gezogenen äußeren Einflüsse unbeachtet gebliebenen Faktors.

Zu diesem Zwecke wurde der tägliche Gang der Körpertemperatur als einer der am leichtesten zu kontrollierenden, und dabei doch in seiner Regelmäßigkeit augenfälligsten Vorgänge verfolgt in Messungen, die teils über Tage, teils in einem Bergwerk gemacht wurden. Da keine weiteren Versuchspersonen zur Verfügung stan-

den, mußte ich mich mit den Ergebnissen begnügen, die ich im Selbstversuch erhielt.

Die Versuchsanordnung war folgendermaßen: Die Temperaturen wurden durchgehend alle 2 Stunden rektal gemessen, und zwar mit zwei Quecksilber-Maximalthermometern, die für die ganze Dauer des Versuchs beibehalten, also nicht aus irgendeinem Grunde durch andere ersetzt wurden, und deren genaue Übereinstimmung vor Beginn des Versuchs sichergestellt wurde. Mit diesen beiden gleichen und gleichbleibenden Thermometern wurde jede der zweistündlichen Temperaturbestimmungen doppelt ausgeführt in zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Messungen, bei denen die Thermometer 3 cm tief in das Rektum eingeführt wurden und dort je 5 Minuten liegen blieben. Bei jeder Temperaturbestimmung gaben die Thermometer die gleichen Werte an, sodaß die Meßergebnisse wohl als einwandfrei angesehen werden können. Bei der vorhandenen 1/10 Grad-Skala konnten die Werte mit genügender Sicherheit bis zu 1/20 Grad abgelesen werden.

Grundsätzlich wurden an sämtlichen Versuchstagen körperliche Bewegungen soweit wie eben möglich ausgeschaltet bzw. eingeschränkt. Das geschah über Tage durch Einhalten von Bettruhe, unter Tage durch Liegen in einer Hängematte, da so die Bewegungseinschränkung am weitestgehenden durchzuführen und noch am ehesten erträglich war. Damit wurde der wohl wesentlichste der sekundären, auf die Körpertemperatur einwirkenden Faktoren ausgeschaltet oder zumindest tunlichst klein gehalten, was die Klarheit des Bildes von der Tagesschwankung der Körpertemperatur erhöht. Denn schon bei verhältnismäßig geringer körperlicher Betätigung tritt eine merkliche Temperaturerhöhung ein, die absolut genommen mit mehreren Zehntelgraden natürlich gering ist, jedoch auf die Dauer in der Lage ist, das Bild empfindlich zu stören, da es sich bei einer mittleren Schwankungsbreite von 1 Grad überhaupt nur um sehr kleine Verhältnisse handelt. Diesen Umständen ist wohl im Anfang, als man den Ursachen speziell der Temperaturschwankungen nachging, nicht genügend Rechnung getragen worden, und dadurch erklären sich zum großen Teil die Rhythmusumkehrungen nach Umkehrung der Lebensweise, während neuere Untersucher bei ihren Versuchsanordnungen diesen Dingen die notwendige Beachtung schenken.

Die Versuche über Tage, die den Bergwerksversuchen voraufgingen, wurden bezüglich der Nahrungsaufnahme und der Beleuch-

tung in verschiedener Weise abgeändert. An den ersten Versuchstagen wurde die natürliche Tageslichtbeleuchtung nicht verändert, dagegen wurde am dritten und vierten dieser vier Tage ein Hungerversuch durchgeführt. Der fünfte und sechste Versuchstag wurde unter völliger Ausschaltung des Tageslichts bei dauernder elektrischer Beleuchtung, der siebente bis zehnte Versuchstag bei völliger Dunkelheit und der elfte Versuchstag wieder bei elektrischer Dauerbeleuchtung unter denselben Verhältnissen wie der fünfte und sechste Versuchstag zugebracht. Dann folgt der viertägige Grubenversuch. Diese Aufzählung soll nur einen Überblick über die Reihenfolge der Versuche vermitteln, während Einzelheiten der Anordnung bei Besprechung der einzelnen Versuche erwähnt werden. Weiterhin ist noch zu bemerken, daß sämtliche Versuche in ununterbrochener Reihenfolge aneinanderschlossen.

Die Versuchsreihe begann am 28. 2. 36 um 0 Uhr mit einer viertägigen Kontrolle des 24-Stunden-Rhythmus, bei der keinerlei Veränderungen der natürlichen Lichtverhältnisse vorgenommen wurden, und bei der zunächst versucht wurde, eine Kurve der Temperaturschwankung zu bekommen, die möglichst frei war von Überlagerungen und Störungen, hervorgerufen durch sekundäre Einflüsse, d. h. Einflüsse, die in der Lage sind, auf die jeweilige Körpertemperatur einzuwirken (meist im Sinne einer Temperaturerhöhung), die aber nichts mit der Ursache der Tagesschwankung zu tun haben. Als die wirksamsten dieser Einflüsse wurden Körperbewegung und Nahrungsaufnahme angesehen. Von diesen beiden kommt, wie bereits bekannt ist, und wie sich bei vorliegenden Untersuchungen auch wieder zeigte, der Körperbewegung die weitaus größte Bedeutung zu. Die Bettruhe, die in einem bei Tageslicht sehr hellen Zimmer während der ganzen Versuchsdauer eingehalten wurde, begann mit der ersten Messung des ersten Versuchstages. Diese erste Messung ergab den verhältnismäßig sehr hohen Wert von 37,35 Grad. Werte in dieser Gegend werden während des gesamten Versuchs nur zweimal wieder erreicht, und zwar aus dem gleichen Grunde, nämlich durch Körperbewegung. Am ersten Tage wurde an der in der Kurve durch Pfeile gekennzeichneten Stelle durch eine viertelstündige Unterbrechung der Bettruhe bei immer noch sehr mäßiger Bewegung, die nur in wenigen Schritten bestand, versucht, ob geringste Anstrengungen in der Lage sind, die Körpertemperatur merklich zu erhöhen. In der Tat zeigt die Kurve einen deutlichen Temperaturanstieg und einen entspre-

chenden Abfall bei Wiedereinnahme der Ruhelage. Die zweite sehr deutliche Störung gegenüber dem sonstigen regelmäßigen Kurvenablauf tritt am ersten Tage des Grubenversuches auf (10. 3.), einmal infolge der durch einen halbstündigen Anmarsch zum Bergwerk, den Kleiderwechsel, die Anfahrt usw. bedingten erheblichen Körperbewegungen, zum anderen dadurch, daß es wegen äußerer Umstände nicht möglich war, sofort nach Ankunft an Ort und Stelle die erforderliche Ruhelage in der Hängematte einzunehmen. Innerhalb des dieser Zeit entsprechenden unregelmäßigen und hochliegenden Kurventeils zeigen die Temperaturzacken getreulich die Reaktion auf vermehrte, die tieferliegenden Temperaturen die Reaktion auf verminderte Körperbewegung an. Ebenso ist der ungewöhnliche, in keiner der anderen Kurven nochmal zu dieser Zeit auftretende Wiederanstieg der Temperatur am 3. 3. um 2 Uhr zurückzuführen auf eine halbstündige Unterbrechung der Bettruhe nach Beendigung des zweitägigen Hungerversuchs. Aus dieser nachträglichen Betrachtung des Zusammenhangs der Körpertemperatur mit der Körperbewegung geht hervor, wie wichtig es war, die, wie sich gezeigt hat, sehr störenden Körperbewegungen unter allen Umständen möglichst auszuschalten. Dagegen kommt der Nahrungsaufnahme von normaler Größe offenbar keine praktische Bedeutung zu; es wurden an den ersten beiden Tagen (28. und 29. 2.) je drei Mahlzeiten genommen, und zwar um 10 Uhr, um 14 Uhr und um 19 Uhr, während an den beiden folgenden Tagen (1. 3. und 2. 3.) bis auf eine Wasseraufnahme von je 250 ccm vollständig gefastet wurde. Es zeigen sich in den ersten beiden Kurven weder Zeichen eines Temperaturanstieges als Folge der Einnahme der Mahlzeit, wie es im Anschluß an nur mäßige Bewegungen bereits der Fall war, noch lassen sich im Gesamtbild charakteristische Änderungen gegenüber den Tagesschwankungen im Hungerversuch feststellen. Zwar beginnt der Abfall der Kurven zum morgendlichen Minimum am ersten und zweiten Versuchstag erst um 24 Uhr, dagegen am dritten Tag schon um 22 Uhr und am vierten Tag bereits um 20 Uhr, doch kann dieser früher einsetzende Abfall der Kurve kaum mit den Unterschieden in der Nahrungsaufnahme in Zusammenhang gebracht werden, da er auch an den späteren Versuchstagen bestehen bleibt, obgleich hier wieder eine regelmäßige Nahrungsaufnahme stattfand. Vielmehr dürfte der gegenüber den ersten Tagen früher beginnende Abstieg der Kurven so zu erklären sein, daß die eigentliche Grundschwankung, deren

letzte Ursache bisher unbekannt ist, um so mehr erreicht wird, je länger der Körper in möglichst weitgehender Ruhestellung ist. Dafür spricht auch, daß dieselbe Erscheinung später bei dem Grubenversuch nochmals auftritt. Nachdem durch äußere Anlässe zwangsläufig die Körperruhe für einen Tag (10. 3.) unterbrochen werden mußte, beginnt an diesem wie auch am folgenden Tage ein deutlicher Abfall der Temperaturkurve erst um 24 Uhr, während er am 12. 3. und 13. 3. schon um 22 Uhr bzw. 20 Uhr einsetzt. Zusammenfassend läßt sich also über die ersten vier Versuchstage sagen: Die Versuche wurden bei nicht veränderten natürlichen Beleuchtungsverhältnissen vorgenommen. Vorbedingung für einen störungsfreien Verlauf der Temperaturkurve ist weitestgehende körperliche Ruhe. Dagegen hat die Nahrungsaufnahme praktisch keinen Einfluß auf den Verlauf der Temperaturkurve, die Kurven verhalten sich wie bei Nahrungsaufnahme.

Nach diesen Ergebnissen, die auch grundsätzlich mit denen VÖLKERs übereinstimmen, fand bei allen folgenden Versuchen wieder eine, dem durch die Ruhe herabgesetzten Bedürfnis entsprechend mäßige Nahrungsaufnahme statt, und zwar wurden um 10 Uhr und um 19 Uhr je 50 Gramm Brot und 250 ccm Milch oder Kakao und zu den Hauptmahlzeiten um 14 Uhr 250 bis 500 ccm Milchspeisen mit Zwieback aufgenommen. Da die Messungen im Bergwerk zwangsläufig unter völligem Abschluß des Tageslichts bei schwacher elektrischer Beleuchtung ausgeführt werden mußten, wurden auch an den nun folgenden Tagen die Beleuchtungsverhältnisse bei den Vergleichsmessungen in entsprechender Weise abgeändert; denn da, wie erwähnt, nach Ansicht einiger Autoren das Licht doch einen Einfluß auf den Temperaturrhythmus hat, mußte die Möglichkeit ausgeschlossen werden, daß beim Aufenthalt unter der Erdoberfläche etwa auftretende Veränderungen sich auf die veränderten Lichteinflüsse beziehen ließen. Aus diesem Grunde wurden die nächsten beiden Tage (3. 3. und 4. 3.) unter völligem Abschluß des Tageslichts bei elektrischer Dauerbeleuchtung zugebracht, während an den hierauf folgenden Tagen (5. 3. bis 8. 3.) unter völliger Ausschaltung überhaupt jeden Lichteinflusses der Ablauf der Temperaturkurve festgestellt wurde. Damit wurden die Temperaturen einmal unter gleichen Lichtverhältnissen gemessen, wie sie bei den Messungen im Bergwerk zu erwarten waren, andererseits wurde damit nochmals ein Versuch gemacht zur Frage nach dem Lichteinfluß auf den täglichen Gang

der Körpertemperatur überhaupt. Dabei ergaben sich, wie die entsprechenden Kurven zeigen, keinerlei prinzipielle Veränderungen in dem charakteristischen Kurvenverlauf.

Nachdem so in den Vergleichsmessungen über Tage die verschiedenen Faktoren, die evtl. für die jeweilige Körpertemperatur und damit für das Kurvenbild als beeinflussend in Frage kamen, hinreichend geprüft waren, wurde die Temperaturkontrolle im Bergwerk angeschlossen. Die Messungen wurden vorgenommen in Gelsenkirchen in einem Steinkohlenbergwerk der Mannesmann-Röhrenwerke in einer Tiefe von 750 m. Diese unter den gegebenen Verhältnissen für meine Zwecke größte erreichbare Tiefe wurde gewählt, um eine möglichst große Differenz zwischen beiden Versuchsorten überhaupt zu bekommen, und weiterhin, um die auf ihren etwaigen Einfluß auf den Temperaturrhythmus mitbeachtete kosmische Ultrastrahlung mit Gewißheit auszuschalten. Denn nach Messungen von W. KOLHÖRSTER treten noch in 225 m tiefem Erdreich (Wasseraequivalent 500 m) sicher meßbare Höhenstrahlen auf, während für unsere Meßinstrumente der Einfall von Höhenstrahlung erst in 325 m tiefem Erdreich (Wasseraequivalent 700 bis 800 m) nicht mehr nachweisbar ist. Nachdem die bereits erwähnten, durch nicht zu umgehende Körperbewegung hervorgerufenen Temperaturerhöhungen und die dadurch bedingten Unregelmäßigkeiten in der Temperaturkurve nach Einnahme der erforderlichen Ruhelage abgeklungen waren, nahmen die Kurven ausnahmslos grundsätzlich den gleichen Verlauf, wie die über Tage gewonnenen, sowohl was den zeitlichen Ablauf als auch die Schwankungsbreite betrifft. Dabei ist bemerkenswert, daß während des Grubenversuchs die Temperatur des Aufenthaltsraumes konstant 20 Grad betrug, die Nahrungsaufnahme völlig unregelmäßig über die 24 Stunden verteilt wurde, und ebenso der Schlaf, der während der vorangegangenen Versuche immer zwischen 0 und 8 Uhr lag, hier durch den Lärm eines in der Nähe befindlichen, ununterbrochen besetzten Arbeitsplatzes erheblich eingeschränkt wurde, und weiterhin am 11. 3. auf die Zeit zwischen 16 Uhr und 20 Uhr, am 12. 3. auf die Zeit zwischen 8 Uhr und 12 Uhr und am 13. 3. auf die Zeit zwischen 14 Uhr und 16 Uhr verlegt wurde, ohne daß irgendein Einfluß dadurch auf die Kurven zu erkennen wäre. Da die Kurven nach anfänglichen Unregelmäßigkeiten bei Fortfall der bekannten Ursachen hierfür ihren typischen Verlauf nahmen und auch keinerlei Tendenz zeigten, diesen in irgendeiner

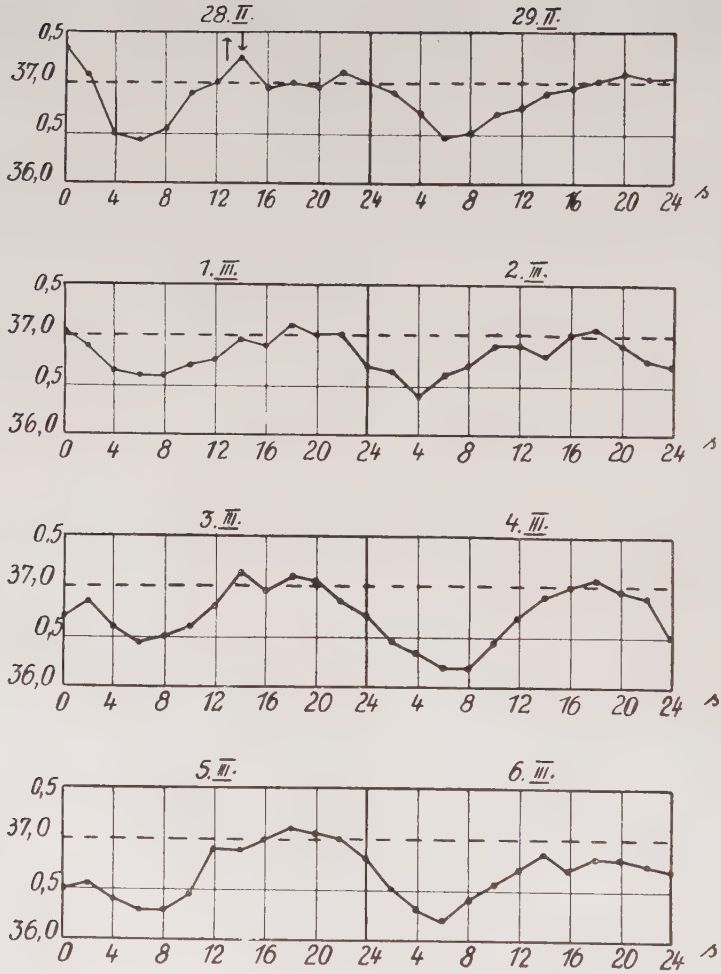
Weise zu ändern, und da weiterhin durch äußere Gründe eine noch längere Fortsetzung des Aufenthalts im Bergwerk nicht möglich war, wurde der Versuch am 13. 3. um 22 Uhr abgebrochen.

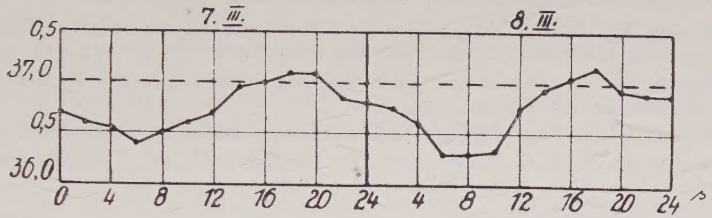
Es hat sich also ein grundsätzlicher Unterschied zwischen dem Ablauf der 24-Stundenschwankung der Körpertemperatur über und unter Tage nicht ermitteln lassen. Die bislang ausgeführten Untersuchungen der einzelnen kosmischen Faktoren haben keinen davon als Ursache der 24-Stunden-Periodik bestätigen können. Ebenso läßt die hier durchgeführte Prüfung des letzten, uns bekannten, in Frage kommenden Faktors, nämlich der kosmischen Ultrastrahlung und die gleichzeitig damit durchgeführte erfolglose Ausschaltung bzw. Änderung mehrerer äußerer Einflüsse zugleich nur den Schluß zu, daß es sich bei der Ursache der 24-Stunden-Periodik weder um einen einzelnen der bekannten Faktoren, noch um ein gleichsinniges Zusammenwirken mehrerer dieser Faktoren handelt, sondern vielmehr um kosmische Einflüsse, die uns bis jetzt überhaupt noch unbekannt sind. Andererseits spricht das Ergebnis zumindest nicht gegen die von DAHNS aufgestellte Theorie, die zwar von DE RUDDER für die Erklärung tagesrhythmischer Vorgänge als „sehr unwahrscheinlich" abgelehnt wird, zu der JORES jedoch schreibt: „Es scheint mir naheliegend zu prüfen, ob nicht die Grundursache für den Wechsel zwischen Tag und Nacht, nämlich die Umdrehung der Erde, auch die letzte Ursache für die 24-Stunden-Periodik der Lebewesen darstellt. Diese Möglichkeit ist wohl bisher als kosmischer Faktor noch nicht geprüft worden, da es zunächst unverständlich erscheint, inwiefern zwischen Tag und Nacht hier ein Unterschied besteht. Doch ist kürzlich ein sehr bemerkenswertes Buch von DAHNS, „Die kosmische Ursache der Lebensentwicklung", erschienen, in dem Verfasser zeigt, daß der Einfluß der übrigen Welten auf die Erde nur darin beruhen kann, daß diese die Bewegung der Erde stören und unregelmäßig gestalten. Für unser Problem macht DAHNS auf folgende Tatsache aufmerksam: Am Tage erfolge die Bewegung der Erde um die Sonne und die Umdrehungsbewegung einander entgegensetzt, in der Nacht gleichsinnig. Die im Weltraum zurückgelegte Strecke eines jeden Punktes der Erdoberfläche ist also am Tag kleiner, die Geschwindigkeit der Bewegung kleiner, und in der Nacht umgekehrt. Es erhebt sich nun die Frage, wieweit diese Tatsache als Ursache der 24-Stunden-Periodik der Lebewesen, wie DAHNS es vermutet, Geltung haben kann. Diese Frage wird man zunächst

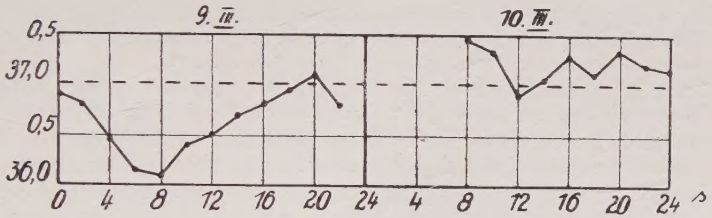
noch nicht entscheiden können. Wenn die Theorie richtig ist, so müßte die Periodik in der Nähe des Nordpols geringer sein als am Äquator, weil die Bewegung jedes einzelnen Punktes am Äquator schneller ist als an den Polen. Es wäre hier die Möglichkeit gegeben, die Theorie von DAHNS auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Zumal jede Vorstellung über das Wesen des kosmischen Faktors fehlt, wird man der Theorie von DAHNS zunächst zum mindesten einen großen heuristischen Wert zusprechen müssen. Die Bindung der 24-Stunden-Periodik an die Ortszeit ließe sich mit ihrer Hilfe ohne weiteres erklären. Doch wissen wir heute noch zu wenig über die Reaktion der lebendigen Materie auf Bewegungen von den Ausmaßen, wie sie bei der Erdbewegung in Frage kommen." Zieht man diese Theorie zur Erklärung der Tagesrhythmen also überhaupt in Betracht, so läßt sich das Ergebnis des hier durchgeführten Versuches, wenn es auch keineswegs als speziell in diese Richtung weisend angesehen werden kann, doch zwanglos mit ihr vereinbaren, denn es ist für diesen Fall selbstverständlich praktisch völlig gleichgültig, ob die Entfernung vom Erdmittelpunkt 750 m größer oder kleiner ist. Es sind aber bisher kaum Versuche dieser Art durchgeführt worden, und der vorliegende konnte nicht so großzügig gestaltet werden, um auf diese Resultate hin irgendeine Ansicht äußern zu dürfen.

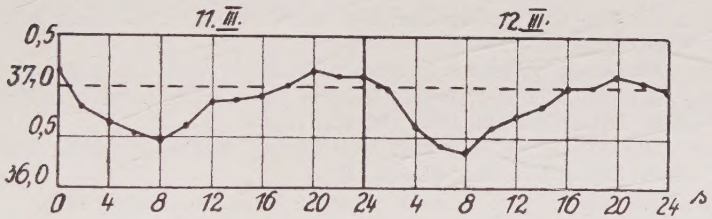
Zusammenfassung.

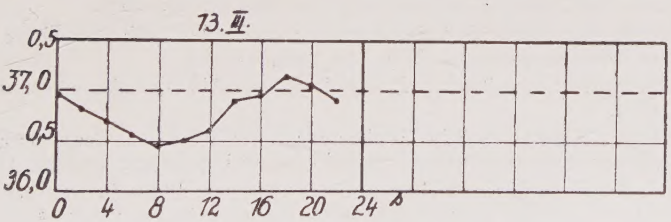
Tagesrhythmische Vorgänge sind der ganzen belebten Welt eigentümliche Phänomene. Nach den bisherigen Untersuchungen muß als auslösendes Moment dieser Vorgänge ein kosmischer Faktor angenommen werden. Von den uns bekannten und mit Ausnahme der kosmischen Ultrastrahlung untersuchten Faktoren konnte bisher keiner als auslösend für den Ablauf der Tagesrhythmen ermittelt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde bei Verfolgung der täglichen Körpertemperaturschwankung die kosmische Ultrastrahlung durch dicke Erdschichten ausgeschaltet, ohne daß danach eine prinzipielle Änderung des Kurvenablaufs wahrgenommen werden konnte. Das spricht gleichzeitig dafür, daß der auslösende Faktor auf der Erdoberfläche wie auch in großer Erdtiefe in gleichem Maße vorhanden ist. Das Versuchsergebnis läßt sich mit der von DAHNS aufgestellten Theorie, der von einzelnen Autoren ein großer heuristischer Wert für das behandelte Problem zugesprochen wird, zwanglos vereinbaren. Lehnt man diese Theorie für die Erklärung der Tagesrhythmen ab, so muß man einen bisher noch unbekannten kosmischen Faktor annehmen, der die tagesrhythmischen Vorgänge auslöst. Weiterhin wurden durch die entsprechende Abänderung der Versuchsanordnung die bereits bekannten Tatsachen, daß die Körpertemperatur im Rahmen der täglichen Schwankungsbreite sehr empfindlich auf Körperbewegungen reagiert, daß dagegen der Nahrungsaufnahme und dem Licht kein Einfluß zuzuschreiben ist, erneut bestätigt.


28. II.
29. II.
1. III.
2. III.
3. III.
4. III.
5. III.
6. III.
0,5
37,0
0,5
36,0
0 4 8 12 16 20 24 4 8 12 16 20 24
h


7. III.
8. III.
0,5
37,0
0,5
36,0
0 4 8 12 16 20 24 4 8 12 16 20 24 h


9. III.
10. III.
0,5
37,0
0,5
36,0
0 4 8 12 16 20 24 4 8 12 16 20 24 h


11. III.
12. III.
0,5
37,0
0,5
36,0
0 4 8 12 16 20 24 4 8 12 16 20 24 h


13. III.
0,5
37,0
0,5
36,0
0 4 8 12 16 20 24 h

Literatur.

1. **Benedict, F. G. u. J. T. Snell:** Körpertemperaturschwankungen mit besonderer Rücksicht auf den Einfluß, welchen die Umkehrung der täglichen Lebensgewohnheit beim Menschen ausübt. Pflüg. Arch. **90**, 33, 1902.
2. **Bünning, E.:** Untersuchungen über die autonomen tagesperiodischen Bewegungen der Primärblätter von Phaseolus multiflorus. Jb. Bot. **75**, 439, 1931.
3. **Cremer, H.:** Untersuchungen über die periodischen Bewegungen der Laubblätter. Z. Bot. **15**, 593, 1923.
4. **Dahns, F.:** Die kosmische Ursache der Lebensentwicklung. Augsburg 1932.
5. **De Rudder, B. u. G. A. Petersen:** Zur Tagesperiodik der Körpertemperatur beim Menschen. Klin. Wschr. 1935, **51**, 1814.
6. **Geßler, H.:** Die täglichen Schwankungen der Körpertemperatur. Pflüg. Arch. **207**, 390, 1925.
7. **Heß, V. F. und R. Steinmaurer:** Ergebnisse der Registrierung der kosmischen Ultrastrahlung auf dem Hafelekar (2300 m) bei Innsbruck vom 1. Sept. 1931 bis 30. Nov. 1932. Berl. Ber. 1933, **15**, 521 u. **22**, 672.
8. **Hilden, A. u. K. S. Steinbäck:** Zur Kenntnis der Tagesschwankungen der Körpertemperatur bei den Vögeln. Skand. Arch. Physiol. **34**, 382, 1916.
9. **Isenschmid, R.:** Physiologie der Wärmeregulation. Bethe-Bergmann, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. **17, III**, 3, 1926.
10. **Johansson, J. E.:** Über die Tagesschwankungen des Stoffwechsels und der Körpertemperatur in nüchternem Zustand und vollständiger Muskelruhe. Skand. Arch. Phys. **8**, 85, 1898.
11. **Jores, A.:** Tag- und Nachtwechsel in seiner Wirkung auf den Menschen. Klin. Wschr. **1933, II**, 1538.
12. **Jores, A.:** Die 24-Stunden-Perioden des Menschen. Med. Kl. 1934, I.
13. **Jores, A.:** Über den Einfluß des Lichts auf die 24-Stunden-Perioden des Menschen. Dtsch. Arch. kl. Med. **176**, 544, 1934.
14. **Jores, A.:** Physiologie und Pathologie der 24-Stunden-Rhythmik des Menschen. Erg. d. Inn. Med. **48**, 574, 1935.
15. **Jürgensen:** Die Körperwärme des gesunden Menschen. Leipzig 1873.
16. **Kleinhoonte, A.:** Untersuchungen über die autonomen Bewegungen der Primärblätter von Canavalia ensiformis DC. Jb. Bot. **75**, 679, 1932.
17. **Kolhörster, W.:** Nachweis koinzidierender gerichteter Höhenstrahlung unter 500 m Wasseraequivalent. Berl. Ber. 1933, **23**, 689.
18. **v. Liebermeister:** Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers. Leipzig 1875.
19. **Stoppel, R.:** Tagesperiodische Erscheinungen bei Pflanzen. Bethe-Bergmann, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie **17**, 659; **18**, 448.
20. **Stoppel, R.:** Die Schlafbewegungen der Blätter von Phaseolus multiflorus in Island zur Zeit der Mitternachtssonne. Planta (Berl.) **2**, 342, 1926.
21. **Stoppel, R.:** Die Beziehungen tagesperiodischer Erscheinungen beim Tier und bei der Pflanze zu den tagesperiodischen Intensitätsschwankungen der elektrischen Leitfähigkeit der Atmosphäre. Planta (Berl.) **2**, 356, 1926.
22. **Stoppel, R.:** Jahreszeitlicher und tageszeitlicher Rhythmus der Lebewesen im Lande der Mitternachtssonne. Deutsche Islandforschung, 1930.
23. **Völker, H.:** Über tagesperiodische Schwankungen einiger Lebensvorgänge des Menschen. Pflüg. Arch. **215**, 43, 1927.

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm Trojan, wurde am 5. Juni 1912 in Oestrich/Dortmund als Sohn des Fahrsteigers Wilhelm Trojan und dessen Ehefrau Anna, geb. Braun, geboren. Ich besuchte zunächst vier Jahre die Volksschule in Gelsenkirchen und dann neun Jahre die damalige Städtische Hammerschmidt- und heutige Albert-Leo-Schlageter-Oberrealschule zu Gelsenkirchen, an der ich Ostern 1931 die Reifeprüfung ablegte. Vom Sommer-Semester 1931 bis zum Sommer-Semester 1933 studierte ich an der Westfälischen Wilhems-Universität in Münster i. W. Medizin. Nachdem ich hier am Ende des Sommer-Semesters 1933 die ärztliche Vorprüfung bestanden hatte, verbrachte ich das Winter-Semester 1933/34 an der Universität Tübingen, das Sommer-Semester 1934 an der Universität Kiel und das Winter-Semester 1934/35 an der Medizinischen Akademie Düsseldorf. Während der letzten drei Semester meines Studiums besuchte ich die Hansische Universität zu Hamburg, wo ich am 14. Dezember 1936 die ärztliche Prüfung abschloß. Seit dem 21. Dezember 1936 bin ich als Medizinal-Praktikant am Städtischen Krankenhaus in Mühlhausen i. Th. beschäftigt.

Herrn Prof. Dr. Berg möchte ich für die Überlassung des Themas sowie für die vielfältige Förderung der Arbeit meinen ergebensten Dank aussprechen. Weiter danke ich Herrn Bergassessor Luyken, Gelsenkirchen, und Herrn 1. Bergrat Schroeder, Gelsenkirchen, die mir einen mehrtägigen Grubenaufenthalt auf der Schachtanlage Oberschuir des Steinkohlenbergwerks Consolidation, Gelsenkirchen, bereitwilligst gestatteten und so die Durchführung des Versuchs ermöglichten.